



DEUTSCHES  
PATENTAMT

- 21 Aktenzeichen:  
22 Anmeldetag:  
43 Offenlegungstag:

P 31 00 486.5-34  
9. 1. 81  
18. 2. 82

- 30 Unionspriorität: 32 33 31  
10.01.80 IT 67027A-80

- 72 Erfinder:  
Venturello, Giorgio, Torino, IT

- 71 Anmelder:  
Centro Ricerche Fiat S.p.A., 10043 Orbassano, Torino, IT

- 74 Vertreter:  
Weickmann, H., Dipl.-Ing.; Fincke, K., Dipl.-Phys. Dr.;  
Weickmann, F., Dipl.-Ing.; Huber, B., Dipl.-Chem.; Liska, H.,  
Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

BEST AVAILABLE COPY

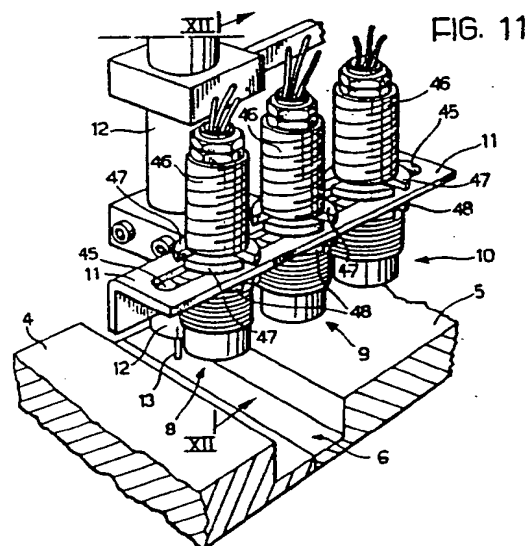
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Vorrichtung zur Bestimmung der Position eines Schweißgerätes zum selbsttätigen Lichtbogenschweißen

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bestimmung der Position einer Schweißpistole beim selbsttätigen Lichtbogenschweißen. Die Vorrichtung umfaßt eine Sensoranordnung, die aus elektromagnetischen induktiven Näherungssensoren (8, 9, 10) besteht, die ein analoges Ausgangssignal liefern und in Positionen längs der Schweißpistole angeordnet sind. Die elektrischen Spannungssignale an dem jeweiligen Ausgang der Näherungssensoren (8, 9, 10) ermöglichen die Überwachung

- a) der Breite des zur Aufnahme eines metallischen Füllmaterials bestimmten Schweißkanals (6),
- b) der Bewegung der Schweißpistole (12) relativ zu dem Zentrum des Schweißkanals (6) und
- c) der Änderung der Höhe der Schweißpistole (12) bezüglich der miteinander zu verschweißenden Werkstücke (4, 5). Die Vorrichtung ermöglicht eine Führung der Schweißpistole (12) längs des Schweißkanals (6) während des Lichtbogenschweißens zweier ebener Werkstücke (4, 5) sowohl im Falle eines Stumpfschweißens als auch in dem Falle, daß die Werkstücke unter einem Winkel längs einer Kante verschweißt werden.

(31 00 486-



DE 31 00 486 A 1

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Vorrichtung zur Bestimmung der Position eines selbsttätigen Lichtbogen-Schweißgerätes relativ zu einem zur Aufnahme eines Füllmaterials bestimmten Schweißkanal, der sich längs der Berührungszone zweier miteinander zu verschweißender Werkstücke erstreckt und von diesen begrenzt wird, wobei die Bestimmung der Position während einer Relativbewegung zwischen dem Schweißgerät und den Werkstücken längs des Schweißkanales erfolgt, umfassend eine Sensoranordnung, die von einem mit dem Schweißgerät verbundenen Träger getragen wird und ohne Berührung mit den miteinander zu verschweißenden Werkstücken elektrische Signale erzeugen kann, die ein Maß für die Position des Schweißgerätes relativ zu der Verbindungszone und für die Breite des Schweißkanales sind und die nach Verarbeitung durch eine elektronische Verarbeitungsschaltung für die Steuerung des Schweißvorganges verwendbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoranordnung von elektromagnetischen induktiven Näherungssensoren (7, 8, 9, 10) gebildet sind, welche ein Analogsignal liefern.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1 für den Fall, daß die Werkstücke stumpf miteinander verschweißt werden und ihre der Schweißzone benachbarten Oberflächen eben und koplanar sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoranordnung folgende Teile umfaßt:
  - a) einen ersten und einen zweiten elektromagnetischen induktiven Näherungssensor (8 bzw. 9), die dazu bestimmt sind, jeweils einer Kante des Schweißkanales (6) zu folgen und die derart angeordnet sind,

130067/0502

daß die Projektion jeder Oberkante des Schweißkanales (6) auf die die Endflächen der Näherungssensoren (8, 9) enthaltende Ebene die Endfläche eines der Näherungssensoren (8, 9) schneidet, wodurch im Betrieb von jedem der Näherungssensoren (8, 9) ein Signal erzeugt wird, das in Abhängigkeit des Abstandes zwischen den vertikalen Achsen der Näherungssensoren (8, 9) und der entsprechenden Kante des Schweißkanales (6) sowie in Abhängigkeit des Abstandes zwischen den Näherungssensoren (8, 9) und der die Oberfläche des jeweiligen Werkstücks (4, 5) enthaltenden Ebene variiert;

- b) einen dritten elektromagnetischen induktiven Näherungssensor (10), der in einer Reihe mit dem ersten und dem zweiten Näherungssensor (8, 9) in einer solchen Position angeordnet ist, daß die Projektion seiner Endfläche auf die Oberfläche des darunterliegenden Werkstückes (5) ständig außerhalb des Schweißkanales (6) liegt, wodurch das von dem dritten Näherungssensor (10) erzeugte Spannungssignal nur von dem Abstand zwischen dem Näherungssensor (10) und dem darunterliegenden Werkstück (5) abhängt;
- c) wobei die drei Näherungssensoren (8, 9, 10) an einem Träger (11) in Positionen längs des Schweißgerätes (12) angeordnet sind.

130067/0502

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Verarbeitungsschaltung (14) folgende Bauteile umfaßt:

- a) einen Komparator (30, 31) zum Vergleich des von dem dritten Näherungssensor (10) erzeugten Signales mit einem vorgegeben Referenzwert, wobei das Ergebnis des Vergleiches durch ein Spannungssignal wiedergegeben wird, dessen Amplitude ein Maß für die Änderungen der Höhe des dritten Näherungssensors (10) und damit des Schweißgerätes (11, 12) relativ zu der die Oberfläche der miteinander zu verschweißenden Werkstücke (4, 5) enthaltenden Ebene ist;
- b) einen ersten Differentialverstärker (32) mit einem ersten Eingang (32a), der mit dem Ausgang des ersten Näherungssensors (8) verbunden ist, und einem zweiten Eingang (32b), der mit dem Ausgang des dritten Näherungssensors (10) verbunden ist, wobei der Differentialverstärker (32) im Betrieb ein Spannungssignal erzeugt, dessen Amplitude nur eine Funktion des Abstandes zwischen der vertikalen Achse des ersten Näherungssensors (8) und der entsprechenden Kante des Schweißkanales (6) ist;
- c) einen zweiten Differentialverstärker (33) mit einem ersten Eingang (33a) der mit dem Ausgang des zweiten Näherungssensor (9) verbunden ist, und einem zweiten Eingang (33b), der mit dem Ausgang des dritten Näherungssensors (10) verbunden ist, wobei der zweite

130067/0502

Differentialverstärker (33) ein Spannungssignal erzeugt, dessen Amplitude allein von dem Abstand zwischen der vertikalen Achse des zweiten Näherungssensors (9) und der entsprechenden Kante des Schweißkanales (6) abhängt;

d) eine Summenschaltung (34) mit einem ersten Eingang (34a) der mit dem Ausgang des ersten Differentialverstärkers (32) verbunden ist und einem zweiten Eingang (34b), der mit dem Ausgang des zweiten Differentialverstärkers (33) verbunden ist, wobei die Summenschaltung (34) im Betrieb ein Ausgangsspannungssignal erzeugt, das ein Maß für die Breite des Schweißkanales (6) ist;

e) eine Subtraktionsschaltung (35) mit einem ersten Eingang (35a), der mit dem Ausgang des ersten Differentialverstärkers (32) verbunden ist, und einem zweiten Eingang (35b), der mit dem Ausgang des zweiten Differentialverstärkers (33) verbunden ist, wobei die Subtraktionsschaltung (35) im Betrieb ein Ausgangssignal erzeugt, das ein Maß für die Versetzung des Schweißgerätes (12) gegenüber der Mittellinie des Schweißkanales (6) ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1 zur Verwendung beim Stumpfschweißen zweier Werkstücke, deren an den Schweißkanal angrenzende ebene Oberflächen in verschiedenen zueinander parallelen Ebenen liegen, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoranordnung folgende Teile umfaßt:

a) einen ersten und einen zweiten elektro-

130067/0502

magnetischen induktiven Näherungssensor (8 bzw. 9), die dazu bestimmt sind, jeweils einer Kante des Schweißkanales (6) zu folgen und die derart angeordnet sind, daß die Projektion jeder Oberkante des Schweißkanales (6) auf die die Endflächen der Näherungssensoren (8, 9) enthaltenden Ebene die Endfläche eines der Näherungssensoren (8, 9) schneidet, wodurch im Betrieb von jedem der Näherungssensoren (8,9) ein Signal erzeugt wird, das in Abhängigkeit des Abstandes zwischen den vertikalen Achsen der Näherungssensoren (8, 9) und der entsprechenden Kante des Schweißkanales (6) sowie in Abhängigkeit des Abstandes zwischen den Näherungssensoren (8,9) und der die Oberfläche des jeweiligen Werkstücks (4, 5) enthaltenden Ebene variiert;

- b) dritte und vierte elektromagnetische induktive Näherungssensoren (7, 10), die in einer Reihe mit dem ersten und dem zweiten Näherungssensor (8, 9) an entgegengesetzten Enden der Reihe so angeordnet sind, daß die jeweilige Projektion ihrer Endflächen auf die Oberfläche des darunterliegenden Werkstückes (4, 5) stets außerhalb des Schweißkanales (6) liegt, wodurch an dem jeweiligen Ausgang des dritten und vierten Näherungssensors (7, 10) Spannungssignale erzeugt werden, die allein von dem Abstand zwischen dem dritten und dem vierten Näherungssensor (7, 10) und den darunterliegenden miteinander zu verschweißenden Werkstücken (4,5) abhängen;

130067/0502

- c) wobei die vier Näherungssensoren (7 bis 10) an einem Träger (11) längs des Schweißgerätes (12) angeordnet sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Verarbeitungsschaltung (14) folgende Teile umfaßt:

- a) einen ersten Komparator (28) zum Vergleich des von dem dritten Näherungssensor (7) ausgesandten Signales mit einem Bezugswert, wobei das Ergebnis dieses Vergleiches durch ein Spannungssignal dargestellt wird, dessen Amplitude ein Maß für die Änderungen in der Höhe des dritten Näherungssensors (7) bezüglich der die Oberfläche des entsprechenden Werkstückes (4) enthaltenden Ebene ist;
- b) einen zweiten Komparator (30) zum Vergleich des von dem vierten Näherungssensor (10) ausgesandten Signales mit einem vorgegebenen Bezugswert, wobei das Ergebnis dieses Vergleiches durch ein Spannungssignal dargestellt wird, dessen Amplitude ein Maß für die Änderungen in der Höhe des vierten Näherungssensors (10) bezüglich der die Oberfläche des entsprechenden Werkstückes (5) enthaltenden Ebene ist;
- c) einen ersten Differentialverstärker (32) mit einem ersten Eingang (32a), der mit dem Ausgang des ersten Näherungssensors (8) verbunden ist, und einem zweiten Eingang (32b), der mit dem Ausgang des dritten Näherungs-

130067/0502

sensors (10) verbunden ist, wobei der Differentialverstärker (32) im Betrieb ein Spannungssignal erzeugt, dessen Amplitude nur eine Funktion des Abstandes zwischen der vertikalen Achse des ersten Näherungssensors (8) und der entsprechenden Kante des Schweißkanales (6) ist;

- d) einen zweiten Differentialverstärker (33) mit einem ersten Eingang (33a) der mit dem Ausgang des zweiten Näherungssensor (9) verbunden ist, und einem zweiten Eingang (33b), der mit dem Ausgang des dritten Näherungssensors (10) verbunden ist, wobei der zweite Differentialverstärker (33) ein Spannungssignal erzeugt, dessen Amplitude allein von dem Abstand zwischen der vertikalen Achse des zweiten Näherungssensors (9) und der entsprechenden Kante des Schweißkanales (6) abhängt;
- e) eine Summenschaltung (34) mit einem ersten Eingang (34a) der mit dem Ausgang des ersten Differentialverstärkers (32) verbunden ist und einem zweiten Eingang (34b), der mit dem Ausgang des zweiten Differentialverstärkers (33) verbunden ist, wobei die Summenschaltung (34) im Betrieb ein Ausgangsspannungssignal erzeugt, das ein Maß für die Breite des Schweißkanales (6) ist;
- f) eine Subtraktionsschaltung (35) mit einem ersten Eingang (35a), der mit dem Ausgang des ersten Differentialverstärkers (32) verbunden ist, und einem zweiten Eingang (35b),

130067/0502



der mit dem Ausgang des zweiten Differentialverstärkers (33) verbunden ist, wobei die Subtraktionsschaltung (35) im Betrieb ein Ausgangssignal erzeugt, das ein Maß für die Versetzung des Schweißgerätes (12) gegenüber der Mittellinie des Schweißkanales (6) ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1 zum Verschweißen zweier Werkstücke, die unter einem Winkel unter Bildung einer Kante aneinander stoßen und längs der Schweißzone ebene Oberflächen aufweisen, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoranordnung einen ersten und einen zweiten elektromagnetischen induktiven Näherungssensor (7, 10) aufweist, die an dem Träger (11) in einer Stellung längs des Schweißgerätes (12) derart angeordnet sind, daß ihre Längsachsen jeweils senkrecht zu der Oberfläche des dazugehörenden Werkstückes (4,5) verlaufen.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Verarbeitungsschaltung (14) folgende Teile umfaßt:
  - a) einen ersten Komparator (28) zum Vergleich eines von dem ersten Näherungssensor (7) erzeugten Signales mit einem vorgegebenen Bezugswert, wobei das Ergebnis des Vergleiches durch ein Spannungssignal dargestellt wird, dessen Amplitude ein Maß für die Änderung in der Höhe des ersten Näherungssensor (7) und damit des Schweißgerätes (12) bezüglich der die Oberfläche des entsprechenden Werkstückes (4) enthaltenden Ebene ist; und

130067/0502

- b) einen zweiten Komparator zum Vergleich des von dem zweiten Näherungssensors (10) erzeugten Signales mit einem Bezugswert, wobei das Ergebnis dieses Vergleiches durch ein Spannungssignal dargestellt wird, dessen Amplitude ein Maß für die Änderungen in dem Abstand des zweiten Näherungssensors (10) und damit des Schweißgerätes (12) von der die Oberfläche des entsprechenden Werkstückes (5) enthaltenden Ebene ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2, 4 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Verarbeitungsschaltung folgende Teile umfaßt:
- a) einen Multiplexer (36) dessen Eingänge im Betrieb mit den Signalen gespeist werden, die von den Näherungssensoren (8, 9, 10; 7, 8, 9, 10; 7, 10) gespeist werden;
  - b) einen Analog/Digital-Konverter (41) der mit dem Ausgang des Multiplexers (36) verbunden ist;
  - c) eine Schnittstelleneinheit (42) zur seriellen Verarbeitung von Daten, die mit dem Ausgang des Analog/Digital Konverters (41) verbunden ist; und
  - d) einen programmierbaren Prozessor (43), der mit der Schnittstelleneinheit (42) zur Verarbeitung der von den Näherungssensoren (8, 9, 10; 7, 8, 9, 10; 7, 10) ausgesandten

130067/0502

Signale verbunden ist und eine Linearisierung der Kennlinien der Näherungssensoren durchführt, wenn diese unter Bedingungen verwendet werden, die nicht-linearen Abschnitten ihrer Kennlinien entsprechen.

130067/0502

-M-

PATENTANWÄLTE      DIPL.-ING. H. WEICKMANN, DIPL.-PHYS. DR. K. FINCKE  
                         DIPL.-ING. F. A. WEICKMANN, DIPL.-CHEM. B. HUBER  
                         DR. ING. H. LISKA

3100486

THha  
Centro Ricerche Fiat S.p.A.  
Strada Torino 50,  
Orbassano (Turin)  
Italien

8000 MÜNCHEN 86, DEN      9. Jan. 1981  
POSTFACH 860820  
MÜHLSTRASSE 22, RUFNUMMER 9839 21/22

Vorrichtung zur Bestimmung der Position eines Schweiß-  
gerätes zum selbsttätigen Lichtbogenschweißen

130067/0502

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bestimmung der Position eines automatischen Lichtbogenschweißgerätes bezüglich eines ein metallisches Füllmaterial aufnehmenden Schweißkanales, der sich längs der Berührungszone zweier miteinander zu verschweißender Werkstücke erstreckt und von diesen begrenzt wird, wobei die Bestimmung während einer Relativbewegung zwischen dem Schweißgerät und den Werkstücken längs des Schweißkanales erfolgt.

Es sind Vorrichtungen der vorstehend genannten Art bekannt, welche eine Sensoranordnung aufweisen, die an einem mit dem Schweißgerät verbundenen Träger angeordnet ist und ohne Berührung der miteinander zu verschweißenden Werkstücke elektrische Signale erzeugt, die ein Maß für die Position des Schweißgerätes relativ zu dem Schweißkanal sind und mittels einer elektronischen Verarbeitungsschaltung verarbeitbar sind, um den Schweißvorgang zu steuern.

Eine Vorrichtung dieser Art ist beispielsweise aus der US-PS 4 015 101 bekannt, die eine magnetische Sensoranordnung aufweist, um dem Schweißkanal zu folgen, und ferner eine kapazitive Sensoranordnung umfaßt, um den Abstand der magnetischen Sensoranordnung und damit den Abstand des Schweißgerätes relativ zu den miteinander zu verschweißenden Werkstücken zu steuern. Diese magnetische Sensoranordnung umfaßt Mittel zur Erzeugung eines magnetischen Flusses durch die Werkstücke und den Schweißkanal sowie zwei Magnetköpfe zur Ermittlung von Störungen des Magnetflusses längs des Schweißkanales.

Diese bekannte Vorrichtung hat verschiedene Nachteile. In erster Linie erfordert sie die Verwendung verschiedener und teurer Sensoren, die zu einer komplexen

130067/0502

und unwirtschaftlichen Konstruktion führen.

Ferner hat die bekannte Vorrichtung den Nachteil, daß sie nur zum Stumpfschweißen flacher Werkstücke geeignet ist und daher beispielsweise nicht in dem Fall verwendet werden kann, in dem flache Werkstücke unter einem Winkel längs einer Kante verschweißt werden sollen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art so auszubilden, daß sie einfach und wirtschaftlich herstellbar ist und in Lichtbogenschweißsystemen sowohl zum Stumpfschweißen flacher Werkstücke als auch zum Verschweißen flacher Werkstücke längs einer Ecke verwendbar ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einer Vorrichtung in der eingangs genannten Art im wesentlichen dadurch gelöst, daß die Sensorenanordnung von elektromagnetischen induktiven Näherungssensoren gebildet sind, welche ein Analogsignal liefern.

Weitere Merkmale und Vorteil der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der folgenden Beschreibung, welche in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 bis 5 das Arbeitsprinzip einer Näherungssensoranordnung der erfindungsgemäßen Art,

Fig. 6 eine schematische Ansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 7 ein Schaltbild der in der Fig. 6 dargestellten Anordnung, teilweise als Blockschaltbild,

130067/0502

Fig. 8 ein Blockschaltbild einer Anordnung zur Übertragung der Ausgangssignale der in der Fig. 7 dargestellten Anordnung zu einem Prozessor,

Fig. 9 eine Ausführungsvariante der Ausführungsform gemäß Fig. 6,

Fig.10 eine zweite Ausführungsvariante der in der Fig. 6 dargestellten Anordnung,

Fig.11 eine perspektivische Ansicht einer praktischen Ausführungsform der in der Fig. 9 schematisch dargestellten Anordnung und

Fig.12 einen Teilschnitt längs Linie XII-XII in Fig. 11.

Wie weiter unten noch genauer beschrieben wird, umfaßt die erfindungsgemäße Detektoranordnung einen elektromagnetischen induktiven Näherungssensor mit Analoganzeige. Solche Sensoren sind bekannt und werden daher nicht im Detail beschrieben.

Wie bekannt ist, nutzen diese Sensoren die Erscheinung aus, daß ein elektromagnetisches Feld durch die Wirkung der Ströme geschwächt wird, die in in der Nähe der Sensoren befindlichen leitfähigen Materialien induziert wurden. Die Sensoren umfassen jeweils eine Spule, die mit einem Hochfrequenzoszillator(100KHz-1MHz) verbunden ist. Wenn ein Gegenstand aus einem leitfähigen Material in die Nähe der Spule gebracht wird, werden Ströme in ihm induziert, die dem Oszillator Leistung entziehen und damit eine Dämpfung der Schwingung bewirken. Bei einer geeigneten Wahl der Oszillatorfrequenz und der Schaltungen zur Ermittlung der Schwingungsamplitude ist es möglich, Sensoren zu schaffen, die ein lineares

130067/0502

Verhältnis der Ausgangsspannung zum Abstand des Sensors von dem leitfähigen Gegenstand über einen weiten Entfernungsbereich aufweisen.

Ein für die Verwendung in der erfindungsgemäßen Detektoranordnung geeigneter Sensor wird beispielsweise von der Firma SELET in Turin, Italien hergestellt und im Handel und der Bezeichnung B 18/0-5 T vertrieben.

Fig. 1 zeigt schematisch einen Näherungssensor S des oben beschriebenen Typs. Aus Gründen der einfacheren Darstellung wurde der Sensor S schematisch als Zylinder dargestellt. Dieser Sensor weist drei Anschlüsse 1, 2 und 3 auf.

Im Betrieb ist der Anschluß 1 mit einer Wechselspannungsquelle verbunden. Der Anschluß 2 ist an Masse angeschlossen und der Anschluß 3 bildet den Anschluß für das Ausgangssignal des Sensors S.

Wenn der Sensor S so angeordnet ist, daß er mit seiner Endfläche zu einem metallischen Werkstück P hinweist (Fig. 1) gibt er an seinem Ausgangsanschluß 3 ein Spannungssignal V ab, das linear mit dem Abstand d variiert, welcher die Endfläche von dem Werkstück P trennt.

Fig. 2 zeigt einen typischen Verlauf des Spannungssignales V, das am Ausgang eines elektromagnetischen induktiven Näherungssensors bei einer Variation des Abstandes d zwischen dem Sensor und dem diesem gegenüberliegenden metallischen Werkstück P auftritt.

Nun wird angenommen, daß die Endfläche eines Sensors S der ebenen Fläche eines metallischen Werkstücks P

130067/0502



gegenüberliegt in einer Stellung, in der die Endfläche des Sensors S eine Kante q des Werkstückes P überlappt (Fig. 3). Die Position des Sensors S relativ zu dem Werkstück P kann in Abhängigkeit des Abstandes d zwischen den beiden Flächen (Endfläche des Sensors S und die ihr gegenüberliegende Fläche des Werkstückes P) sowie des Abstandes  $\delta$  der Kante q längs einer Bezugsachse O $\delta$  ausgedrückt werden, die durch den Mittelpunkt des Sensors S verläuft, wobei der Nullpunkt der Bezugsachse auf der vertikalen Achse des Sensors S liegt. Die Bezugsachse O $\delta$  läuft parallel zu den einander gegenüberliegenden Flächen des Sensors S und des Werkstückes P und darüberhinaus senkrecht zur Kante q des Werkstückes P.

Im Betrieb bewirkt eine Relativverschiebung zwischen dem Werkstück P und dem Sensor S (wobei jedoch die Parallelität zwischen den beiden einander gegenüberliegenden Oberflächen erhalten bleibt) eine Veränderung in der Ausgangsspannung V, die am Ausgang des Sensors abgegeben wird. Im allgemeinen variiert dieses Spannungssignal V sowohl in Abhängigkeit des Abstandes d als auch in Abhängigkeit der Größe der Koordinate  $\delta$ .

Anhand durchgeführter Messungen kann gezeigt werden, daß die Änderung der Spannung V in Abhängigkeit einer Änderung des Abstandes d und der Größe der Koordinate  $\delta$  den durch die Kurven A, B, C und D in Fig. 4 dargestellten Verlauf hat.

Diese Kurven A, B, C, und D wurden erhalten in dem man die Größe der Koordinate  $\delta$  für Werte  $d_1, d_2, d_3, d_4$  des Abstandes d variiert, wobei gilt,

$$d_1 > d_2 > d_3 > d_4 \quad \text{und}$$

$$d_1 - d_2 = d_2 - d_3 = d_3 - d_4.$$

130067/0502

Die in der Fig. 4 aufgezeichneten Kurven lassen erkennen, daß das Spannungssignal  $V$  am Ausgang des Sensors  $S$  im wesentlichen linear sowohl als Funktion des Abstandes  $d$  als auch als Funktion der Größe der Koordinate  $\delta$  variiert. Diese funktionale Beziehung nähert sich nochmehr einer linearen funktionalen Beziehung an, wenn der Variationsbereich des Abstandes  $d$  und der Größe der Koordinate  $\delta$  stärker eingegrenzt wird.

Fig. 5 zeigt zwei schematisch dargestellte Näherungssensoren  $S_1$  und  $S_2$ , die mit zueinander parallelen Achsen in einem Abstand  $D$  voneinander so angeordnet sind, daß ihre Endflächen koplanar sind. Diese Sensoren sind oberhalb zweier metallischer Werkstücke 4 und 5 angeordnet, die stumpf miteinander verschweißt werden sollen. Die Oberseiten dieser Werkstücke 4 und 5 liegen in derselben Ebene, die parallel zu der die Endflächen der Sensoren  $S_1$  und  $S_2$  enthaltenden Ebene verläuft. Die Kanten der Werkstücke 4 und 5, die miteinander verschweißt werden sollen, sind mit einer im Querschnitt L-förmigen Aussparung versehen, so daß beim Zusammensetzen der beiden Werkstücke 4 und 5 in dem Berührungsbereich ein Kanal 6 gebildet wird, in den während des Schweißvorganges ein zusätzliches Metall eingeführt wird.

Der Sensor  $S_1$  ist oberhalb des Werkstückes 5 derart angeordnet, daß die Endfläche teilweise oberhalb des Kanales 6 und teilweise oberhalb der Oberseite des Werkstückes 5 liegt. Der Sensor  $S_2$  ist oberhalb des Werkstückes 4 in einer derartigen Lage angeordnet, daß seine Endfläche zum Teil oberhalb des Kanales 6 und zum Teil oberhalb der Oberseite des Werkstückes 4 liegt. Die Breite des Kanales 6 ist mit  $L$  bezeichnet.

130067/0502

Eine durch den Sensor  $S_1$  verlaufende Koordinatenachse  $O_1 \delta_1$  liegt mit ihrem Ursprung  $O_1$  auf der vertikalen Achse dieses Sensors und erstreckt sich nach rechts (in der Fig. 5 betrachtet) parallel zu der die Endfläche dieses Sensors enthaltenden Ebene und senkrecht zu der Kante 5a des Werkstückes 5. Diese Koordinatenachse ermöglicht die Bezeichnung der Lage der Kante 5a des Werkstückes 5 relativ zu dem Sensor  $S_1$  mittels einer Koordinate  $\delta_1$ .

Eine durch den Sensor  $S_2$  verlaufenden Koordinatenachse  $O_2 \delta_2$  hat ihren Ursprung  $O_2$  auf der vertikalen Achse dieses Sensors und eine zur Koordinatenachse  $O_1 \delta_1$  entgegengesetzte Orientierung. Sie ermöglicht die Identifizierung der Kante 4a des Werkstückes 4 relativ zu dem Sensor  $S_2$  mittels der Koordinate  $\delta_2$ .

Eine Koordinatenachse  $O_3 \Delta$ , die parallel zu der Koordinatenachse  $O_1 \delta_1$  und in derselben Richtung wie diese verläuft, liegt mit ihrem Ursprung  $O_3$  auf der Achse des Systems, das von den beiden Sensoren  $S_1$  und  $S_2$  gebildet wird. Sie ermöglicht es, die Versetzung zwischen der Achse des von den Sensoren gebildeten Systems und der Mittellinie des Kanals 6 zu bezeichnen.

Aus der Fig. 5 können folgende Beziehungen abgeleitet werden:

$$L = D + \delta_1 + \delta_2$$

$$\Delta = \frac{1}{2} (\delta_1 - \delta_2)$$

Auf der Basis der oben dargestellten Überlegungen in Verbindung mit den Fig. 3 und 4 zeigt die erste dieser

130067/0502

beiden Beziehungen, daß unter der Voraussetzung, daß der Abstand  $D$  zwischen den Sensorachsen bekannt ist und daß der Abstand  $d$  zwischen den Endflächen der Sensoren und der Werkstücke 4 und 5 bekannt ist, es möglich ist, eine Anzeige der Breite  $L$  des Schweißkanales 6 dadurch zu erhalten, daß man die Spannungssignale an den Ausgängen der Sensoren  $S_1$  und  $S_2$  addiert. Da also aufgrund des vorstehend Gesagten die an den Ausgängen der Sensoren  $S_1$  und  $S_2$  auftretenden Spannungssignale teilweise eine Funktion der Koordinaten  $J_1$  und  $J_2$  und teilweise eine Funktion des Abstandes  $d$  sind, muß man zum Ermitteln eines die Breite  $L$  des Schweißkanales 6 ausdrückenden Spannungssignales den von dem Abstand  $d$  abhängigen Teil der Signale zunächst eliminieren, bevor die Ausgangssignale der Sensoren  $S_1$  und  $S_2$  addiert werden. Weiter unten wird unter Bezugnahme auf verschiedene Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Detektoranordnung beschrieben, wie man diese Eliminierung durchführen kann. Aus der zweiten der beiden oben angegebenen Beziehungen kann man ableiten, daß man nach der Eliminierung der Abhängigkeiten der Ausgangssignale der Sensoren  $S_1$  und  $S_2$  von dem Abstand  $d$  ein Spannungssignal erhalten kann, das ein Maß für die Versetzung  $\Delta$  ist, in dem man im wesentlichen die Differenz dieser Signale bildet.

Aufgrund der Arbeitsprinzipien und der Charakteristiken der oben beschriebenen elektromagnetischen induktiven Näherungssensoren kann eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Ermittlung der Stellung einer Schweißzange oder Schweißpistole zum selbsttätigen Lichtbogenschweißen relativ zu dem Schweißkanal hergestellt werden, wobei die Vorrichtung in der Lage ist, die Schweißpistole so zu steuern, daß sie dem Schweißkanal selbsttätig folgt, während sie sowohl die Schweißkanalbreite  $L$  als auch die Abweichung der Schweißpistole von einer festgesetzten

130067/0502

Höhe mißt.

In Fig. 6 ist eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt, die für den Fall verwendbar ist, in dem die beiden Werkstücke 4 und 5 stumpf miteinander verschweißt werden sollen und die der Schweißzone benachbarten Oberflächen der Werkstücke 4 und 5 eben sind und in verschiedenen parallel zueinander verlaufenden Ebenen liegen. Bei dieser Ausführungsform umfaßt die Vorrichtung 4 Näherungssensoren 7 bis 10, die an einem Träger 11 angeordnet sind, der mit einer Elektrode 13 aufweisenden Schweißpistole 12 verbunden ist. Die Schweißpistole 12 ist oberhalb des Kanales 6 angeordnet.

Die Sensoren 7 bis 10 sind in einer Reihe angeordnet, die senkrecht zu den Kanten des Kanales 6 verläuft. Die Endflächen der Sensoren 7 bis 10 liegen in derselben Ebene, die parallel zu dem die Oberflächen der Werkstücke 4 und 5 nahe dem Kanal 6 enthaltenden Ebenen verläuft.

Die Sensoren 8 und 9 sind oberhalb der Werkstücke 4 und 5 derart angeordnet, daß ihre Endflächen teilweise oberhalb des Kanales 6 und teilweise oberhalb der Oberseiten der Werkstücke 4 bzw. 5 liegen. Diese Sensoren 7 und 10 an den beiden Enden der Sensorensreihe sind derart angeordnet, daß ihre Endflächen nur oberhalb der Oberseiten der Werkstücke 4 bzw. 5 auf jeweils einer Seite des Kanales liegen. Eine allgemein mit 14 bezeichnete elektronische Verarbeitungsschaltung weist Eingänge 15 bis 18 auf, die jeweils mit einem der Ausgangsanschlüsse der Sensoren 7 bis 10 verbunden sind. Im Betrieb geben die Endsensoren 7 und 10 Ausgangsspannungssignale ab, die entsprechend den anhand

130067/0502

der Fig. 1 und 2 gegebenen Erläuterungen ein Maß für den jeweiligen Abstand  $d_2$  und  $d_1$  von den Oberflächen der Werkstücke 4 bzw. 5 sind.

Die Sensoren 8 und 9 dagegen liefern Signale, die zum Teil von der Höhe  $d_2$  und  $d_1$  der Sensoren bezüglich der Werkstücke 4 bzw. 5 und zum Teil von den in der Fig. 5 definierten Koordinaten  $\delta_2$  und  $\delta_1$  abhängen. Die elektronische Verarbeitungsschaltung 14 verarbeitet in einer weiter unten noch näher beschriebenen Weise die an den Ausgängen der Sensoren 7 bis 10 auftretenden Signale und erzeugt an Ausgangsklemmen 20 bis 23 Spannungssignale, welche ein Maß für die Änderung der Höhe des Sensors 7, der Breite L des Schweißkanales 6, der Versetzung  $\Delta$  zwischen der Schweißpistole 12 und der Mittellinie des Schweißkanales 6 sowie der Variationen in der Höhe des Endsensors 10 sind.

Die elektronische Verarbeitungsschaltung 14 kann beispielsweise in der in der Fig. 7 dargestellten Weise verwirklicht werden. Die Ausgänge der Sensoren 7 bis 10 werden jeweils mit dem Eingang eines Verstärkers 24 bis 27 eines Spannungsfolgers mit dem Verstärkungsfaktor 1 verbunden. Der Ausgang des Verstärkers 24 ist mit einem Eingang 28a eines Differentialverstärkers 28 verbunden, dessen zweiter Eingang 28b auf einer Bezugsspannung gehalten wird, die entweder mit Hilfe eines Stellwiderstandes 29 einstellbar ist oder von einem Steuerprozessor mittels eines nicht dargestellten Digital/Analog-Wandlers durch ein Steuerprogramm vorgebar ist.

Der Differentialverstärker 28 liefert also ein Ausgangsspannungssignal, das ein Maß für die Änderungen des Abstandes des Sensors 7 von dem darunterliegenden Werkstück 4 bezüglich einer Nennhöhe ist, die entweder

130067/0502

durch den Stellwiderstand 29 oder durch das oben beschriebene Programm vorgegeben ist.

In der gleichen Weise ist der Ausgang des Verstärkers 27 mit einem Eingang 30a eines Differentialverstärkers 30 verbunden, dessen zweiter Eingang 30b auf einer Referenzspannung gehalten wird, die entweder mittels eines Stellwiderstandes 31 einstellbar oder durch einen Steuerprozessor über ein Programm vorgebar ist. Der Differentialverstärker 30 liefert ein Ausgangsspannungssignal, das proportional der Abweichung des Abstandes zwischen der Endfläche des Sensors 10 und der Oberfläche des darunterliegenden Werkstückes 5 von einer Nominalhöhe ist, die mit Hilfe des Stellwiderstandes 31 oder mittels des Steuerprozessors vorgegeben ist.

Der Ausgang des Verstärkers 25 ist mit einem Eingang 32a eines Differentialverstärkers 32 verbunden, dessen zweiter Eingang 32b mit dem Ausgang des Verstärkers 24 verbunden ist. Der Differentialverstärker 32 arbeitet in der Weise, daß er aus dem von dem Sensor 8 gelieferten Signal die Komponente eliminiert, die von dem Abstand zwischen dem Sensor 8 und dem darunterliegenden Werkstück 4 abhängt, so daß das von diesem Differentialverstärker 32 an seinem Ausgang abgegebene Signal allein eine Funktion der Koordinate  $\int_2$  ist, wie sie in der Fig. 5 definiert ist.

Der Ausgang des Verstärkers 26 ist mit einem Eingang 33a eines Differentialverstärkers 33 verbunden, dessen zweiter Eingang 33b mit dem Ausgang des Verstärkers 27 verbunden ist. Der Differentialverstärker 33 arbeitet in der Weise, daß er aus dem Ausgangssignal des Sensors 9 die Komponente eliminiert, die von dem Abstand des Sensors 9 von der Oberfläche des Werkstückes 5 abhängt, so daß das von

130067/0502

dem Differentialverstärker 33 an seinem Ausgang abgegebene Signal allein von der Koordinate  $\delta_1$  abhängt wie sie in der Fig. 5 definiert ist.

Eine Summenschaltung 34 ist mit ihrem ersten Eingang 34a an den Ausgang des Differentialverstärkers 32 und mit ihrem zweiten Eingang 34b an den Ausgang des Differentialverstärkers 33 angeschlossen. Daher liefert die Summenschaltung 34 im Betrieb an ihrem Ausgang ein Signal, das ein Maß für die Breite L des Schweißkanales 6 ist unter der Voraussetzung, daß der Abstand D zwischen den Achsen der Sensoren 8 und 9 bekannt ist.

Ferner ist eine Subtraktionsschaltung 35 vorgesehen deren erster Eingang 35a mit dem Ausgang eines Differentialverstärkers 32 und deren zweiter Eingang 35b mit dem Ausgang des Differentialverstärkers 33 verbunden ist. Im Betrieb liefert diese Subtraktionsschaltung Ausgangssignale, die ein Maß für die Versetzung zwischen der Achse des von den Sensoren 8 und 9 gebildeten Systems und der Mittellinie des Schweißkanales 6 sind und daher auch die Versetzung zwischen der Schweißpistole und der Mittellinie des Kanals 6 kennzeichnen.

Um die Vorrichtung in automatischen Lichtbogenschweißsystemen zu verwenden, welche mit durch einen Prozessor gesteuerten Robotern arbeiten, ist es zweckmäßig, diesen Prozessor mit den Ausgangssignalen der elektronischen Verarbeitungsschaltung 14 zu steuern. Zu diesem Zweck kann entsprechend der Darstellung in Fig. 8 ein Multiplexer 36 verwendet werden, dessen Eingänge 37 bis 40 zur Verbindung mit den Ausgangsklemmen 20 bis 23 der elektronischen Verarbeitungsschaltung 14 bestimmt sind. Der Ausgang des Multiplexers 36 ist mit einem Analog/Digital-Konverter 41 zur Umwandlung der Ausgangssignale

130067/0502



des Multiplexers 36 in digitale Signale verbunden. Eine Schnittstelleneinheit 42 zur seriellen Verarbeitung der Eingangsdaten (beispielsweise eine universelle asynchrone Empfangs- und Übertragungseinheit) ist mit einem Prozessor 43 verbunden. Eine Taktschaltung 44 liefert Taktimpulse, welche die Arbeitsschritte des Multiplexers, des Analog/Digital-Wandlers 41 und der Schnittstelleneinheit 42 synchronisieren.

Alternativ dazu können die Eingänge 37 bis 40 des Multiplexers 36 auch direkt mit den Ausgängen der Verstärker 24 bis 27 verbunden werden. In diesem Fall kann die Verarbeitung der von den Sensoren gelieferten Signale direkt durch den Prozessor 43 erfolgen, der mit Hilfe von für den Fachmann wohl bekannten Techniken programmiert worden ist.

In der Fig. 9 ist eine Ausführungsvariante der in der Fig. 6 dargestellten Vorrichtung gezeigt, die für den Fall verwendet werden kann, in dem die beiden stumpf miteinander zu verschweißenden Werkstücke 4 und 5 im Bereich des Schweißkanals 6 (der Schweißkanal ist zur Aufnahme von Füllmaterial bestimmt) koplanare Oberseiten aufweisen. Diese Ausführungsform verwendet nur drei Näherungssensoren 8, 9 und 10, die relativ zu den Werkstücken 4 und 5 in derselben Weise angeordnet sind, wie dies anhand der Fig. 6 beschrieben wurde. In diesem Falle benötigt man den Näherungssensor 7 nicht mehr, da der Abstand zwischen den Endflächen der Sensoren 8 und 9 von den Oberflächen der darunterliegenden Werkstücke 4 und 5 derselbe ist. Daher benötigt man nur einen einzigen Näherungssensor, nämlich den Sensor 10, um aus den Ausgangssignalen der Sensoren 8 und 9 den Teil zu eliminieren, der von ihrer Höhe bezüglich der darunterliegenden Werkstücke 4 und 5 abhängt.

130067/0502

Die elektronische Verarbeitungsschaltung 14 für diese zweite Ausführungsform unterscheidet sich geringfügig von der in der Fig. 7 dargestellten Schaltung und zwar in sofern, als der Verstärker 24 und der Differentialverstärker 28 nicht mehr benötigt werden. In diesem Falle ist der Eingang 32b des Verstärkers 32 mit dem Eingang 30b des Differentialverstärkers 30 zu verbinden.

Fig. 10 zeigt eine dritte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Detektorvorrichtung, die für den Fall verwendbar ist, daß zwei Werkstücke 4 und 5 an einer Ecke miteinander verschweißt werden sollen, wobei die Werkstücke 4 und 5 im Bereich der Schweißzone ebene Oberflächen aufweisen. Bei dieser Ausführungsform werden nur zwei Näherungssensoren 7 und 10 verwendet. Diese sind an einem Träger 11 derart angeordnet, daß ihre jeweilige Endfläche parallel zu der Oberfläche des ihnen entsprechenden Werkstückes 4 bzw. 5 verläuft. In diesem Falle ist die Position der Schweißpistole 12 bekannt, wenn die Abstände  $d_1$  und  $d_2$  zwischen den Endflächen der Sensoren 10 bzw. 7 und den ihnen zugeordneten Oberflächen der Werkstücke 5 bzw. 4 bekannt sind.

Folglich entspricht die elektronische Verarbeitungsschaltung 14 für diese Ausführungsform der in der Fig. 7 dargestellten Schaltung mit Ausnahme der Tatsache, daß die Verstärker 25 und 26, die Differentialverstärker 32, 33, die Summenschaltung 34 und die Subtraktionsschaltung 35 entfallen.

Fig. 11 zeigt eine perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Anordnung, die der in der Fig. 9 schematisch dargestellten Vorrichtung entspricht. Wie in Fig. 11 dargestellt, kann der Träger 11 beispielsweise einen Längsschlitz 45 aufweisen, durch den sich die Sensoren

130067/0602

8 bis 10 erstrecken. Jeder Sensor ist in einem Gehäuse angeordnet, daß in seinem oberen Teil von einer zylindrischen Hülse 46 gebildet ist, welche an dem Träger 11 mittels zweier Ringmutter 47 und 48 befestigt ist. Die Hülse jedes Sensors wird an den Endabschnitt durch ein mit Ringflossen oder Kühlleitungen versehenes zylindrisches rohrförmiges Element 49 sowie durch eine keramische Endkappe 50 vervollständigt, welche die Endoberfläche des Sensors gegenüber Umgebungseinflüssen schützt.

Unter Beibehaltung des Erfindungsprinzips können die beschriebenen Ausführungsformen in einem weiten Umfang variiert werden. So könnte die erfindungsgemäße Vorrichtung auch in dem Fall des Stumpfschweißens zweier Werkstücke verwendet werden, deren aneinander liegende Kanten so abgeschrägt wurden, daß der gebildete Schweißkanal 6 einen V-förmigen, Z-förmigen oder auch Y-förmigen Querschnitt aufweist. In diesen Fällen zeigen die in der Fig. 4 dargestellten Kurven immer noch einen Verlauf, der in guter Annäherung als linear bezeichnet werden kann, zumindest für einen begrenzten Bereich der Koordinate  $\delta$ .

Ferner können die Näherungssensoren auch für große Wertebereiche der Koordinate  $\delta$  verwendet werden. In diesen Fällen können die Kennlinien oder charakteristischen Kurven in einer an sich bekannten Weise mit Hilfe eines Steuerprozessors 43 linearisiert werden, der mit den Ausgangssignalen der Verstärker 24 bis 27 gespeist wird. (Fig. 8)

130067/0502

-27-  
Leerseite

Nummer: 3100486  
 Int. Cl.<sup>3</sup>: B23K 9/10  
 Anmeldetag: 9. Januar 1981  
 Offenlegungstag: 18. Februar 1982

FIG. 1

3100486

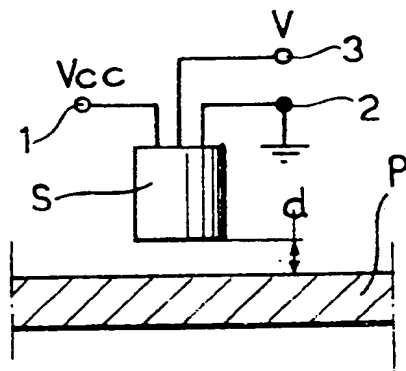


FIG. 2

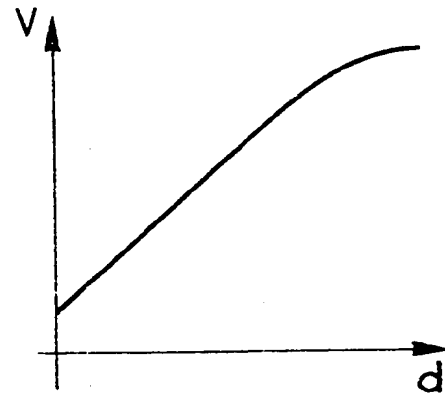


FIG. 3

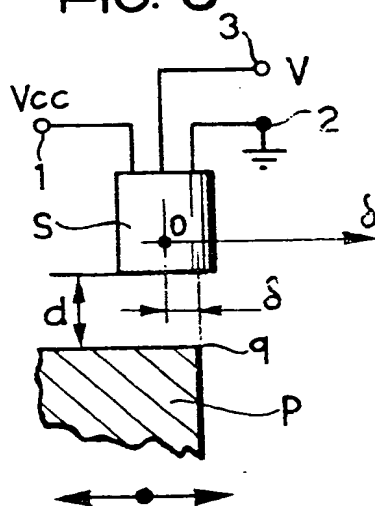


FIG. 4

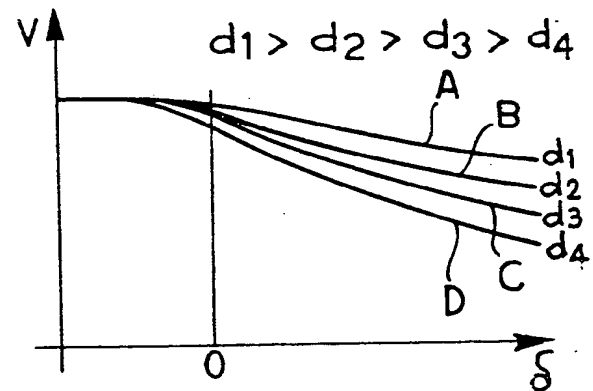
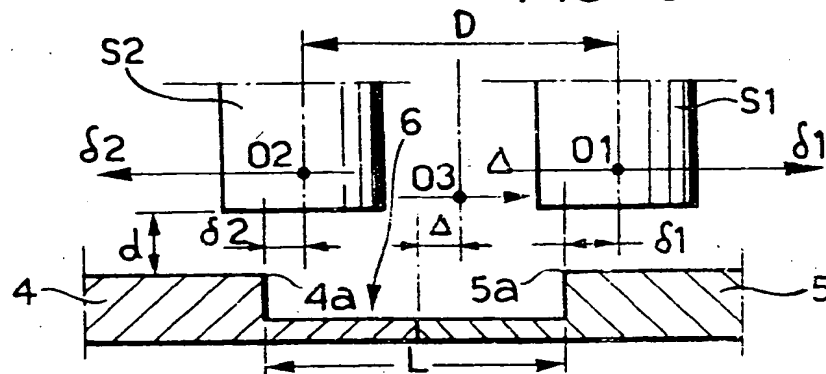


FIG. 5



130067/0502

FIG. 9

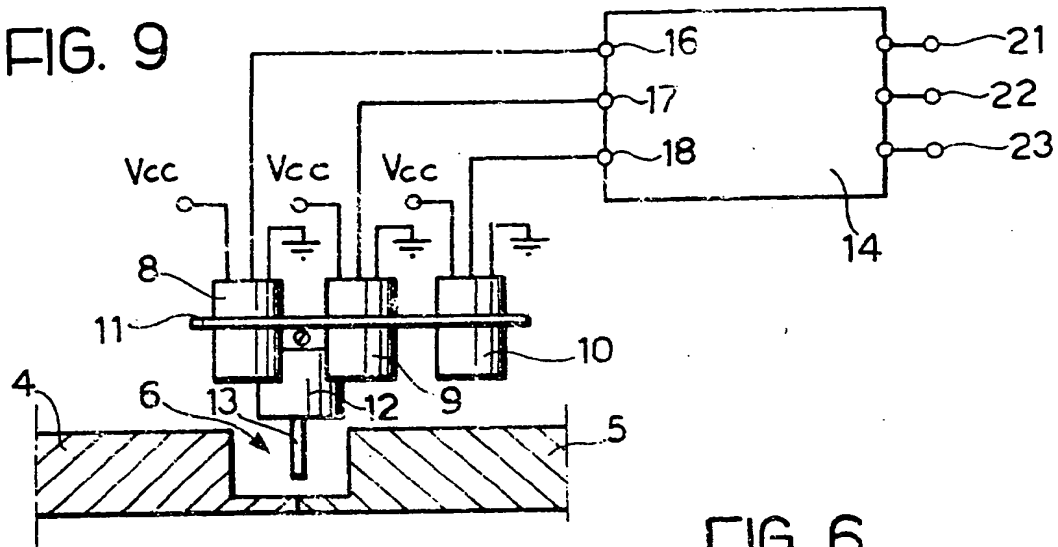


FIG. 6

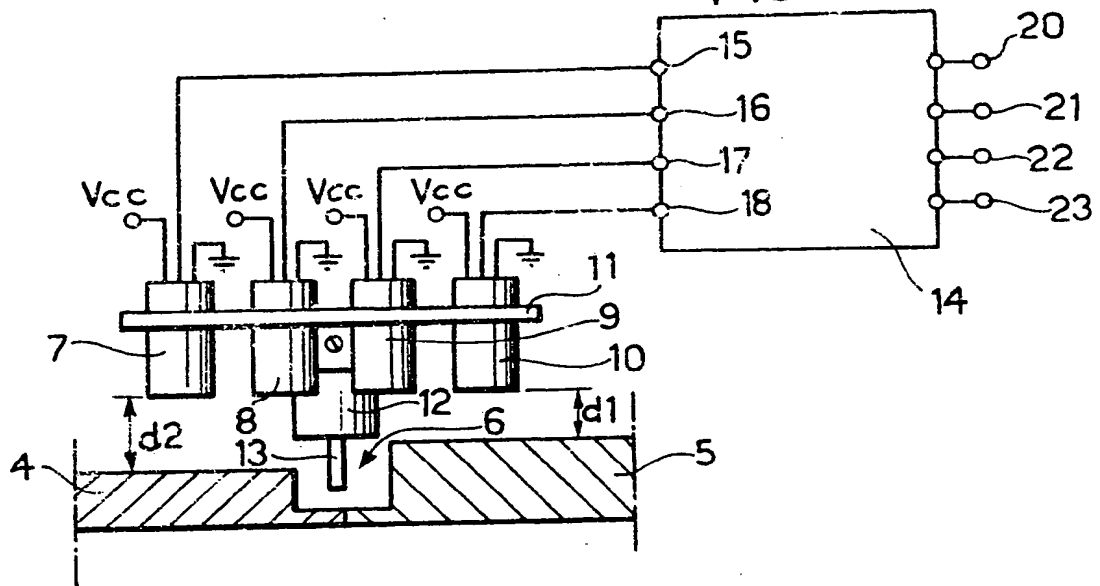
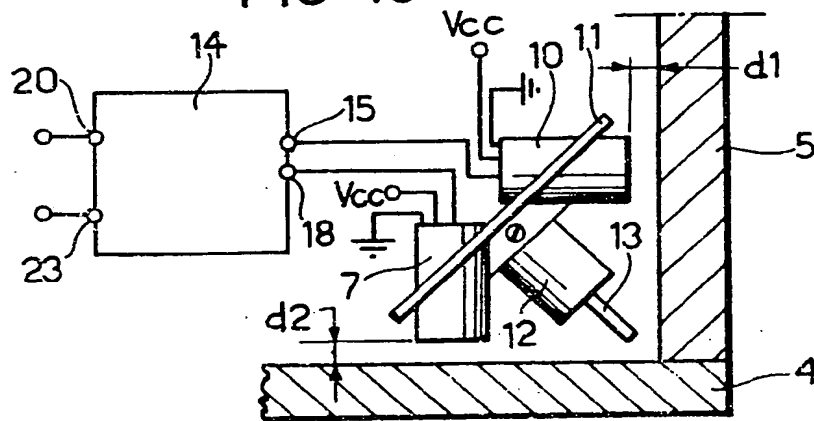


FIG. 10



130067/0502

FIG. 7

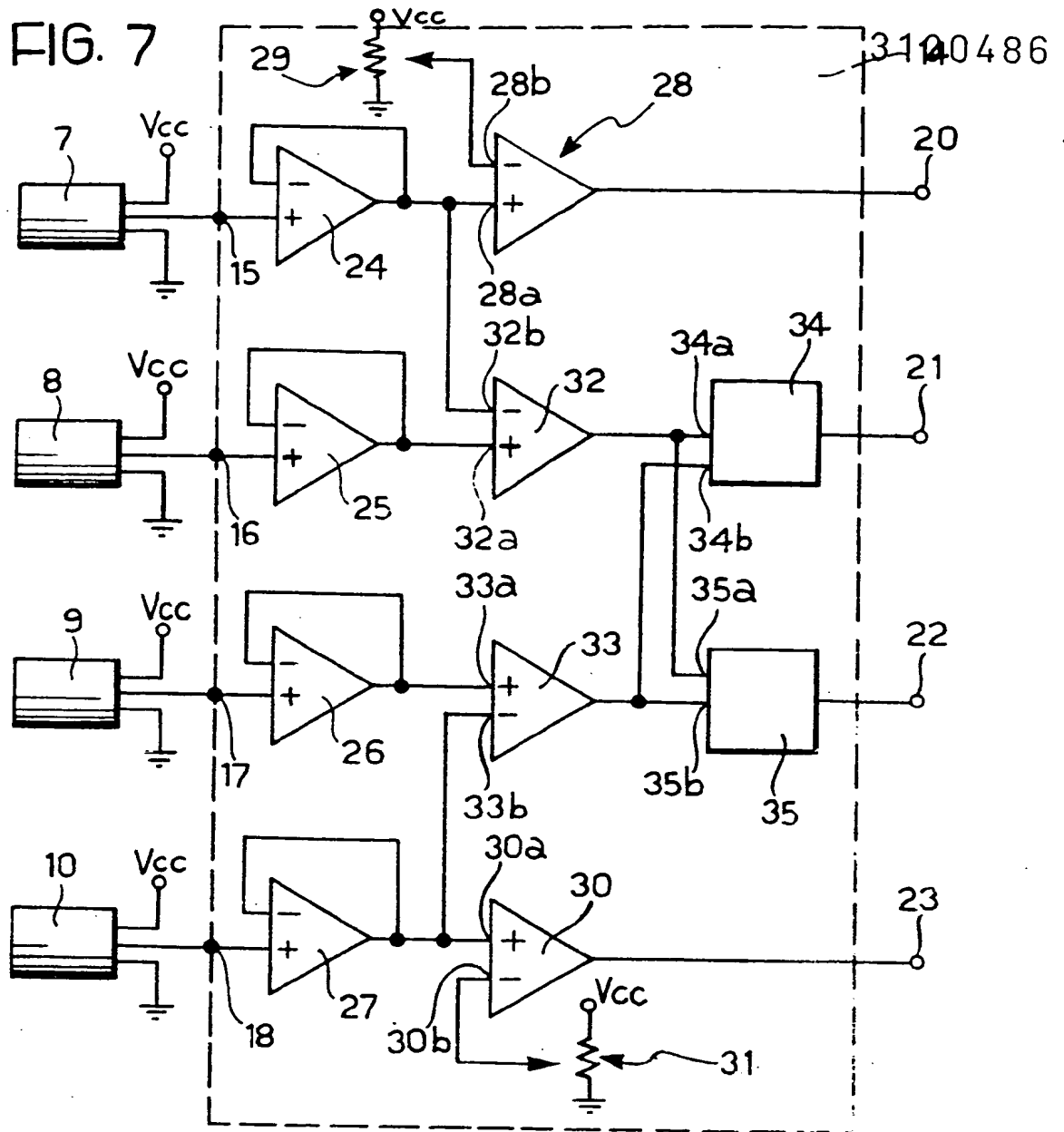
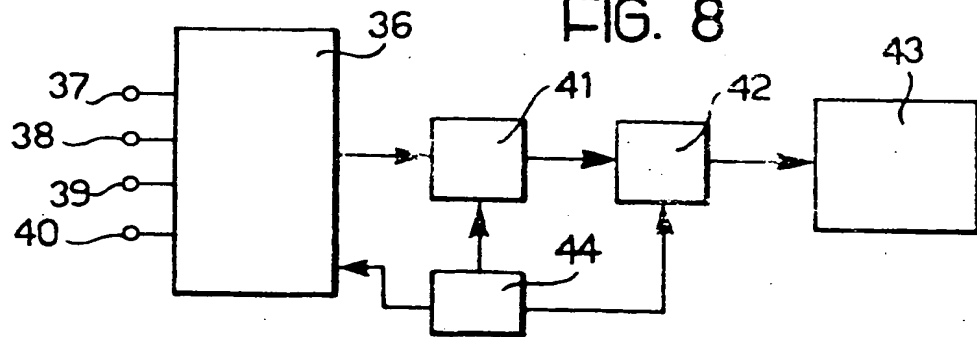


FIG. 8



130067/0502

FIG. 11

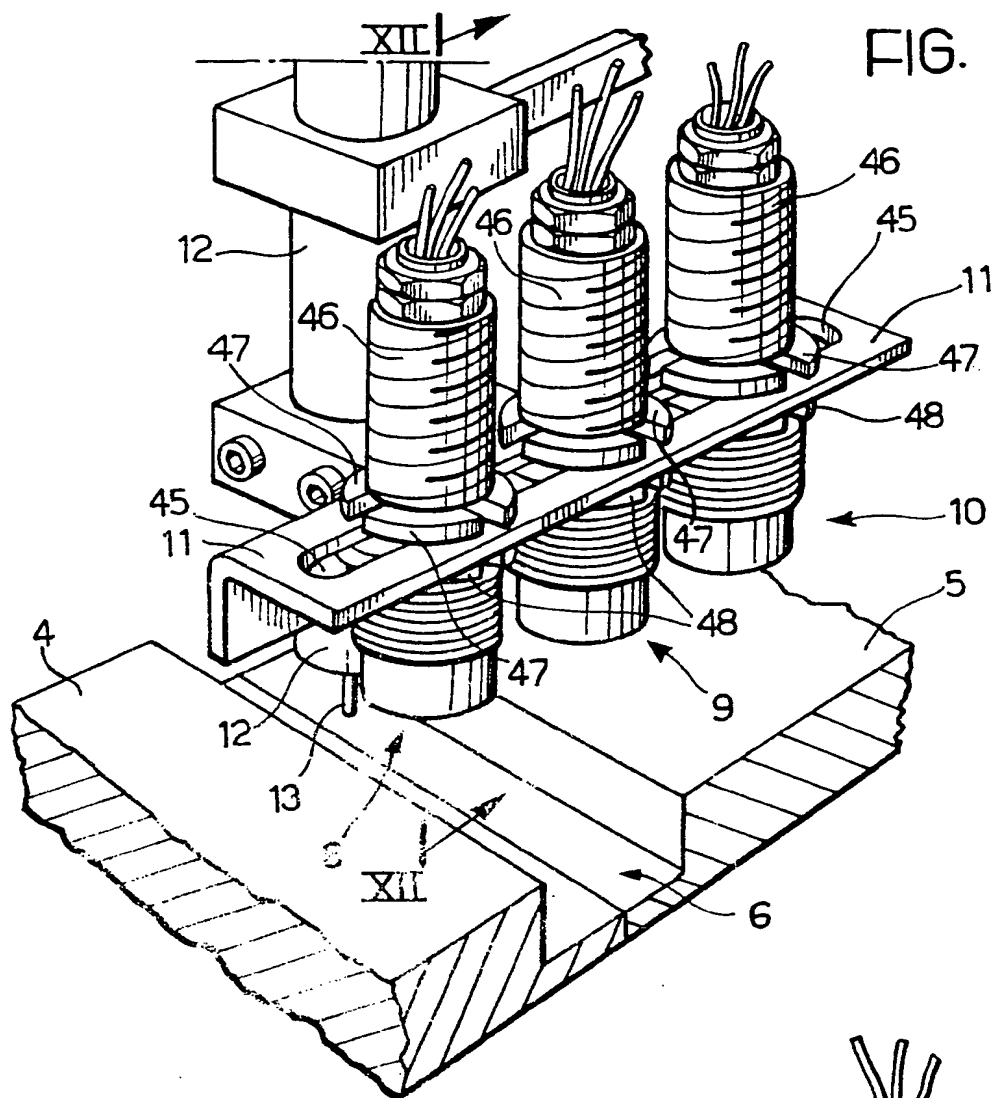
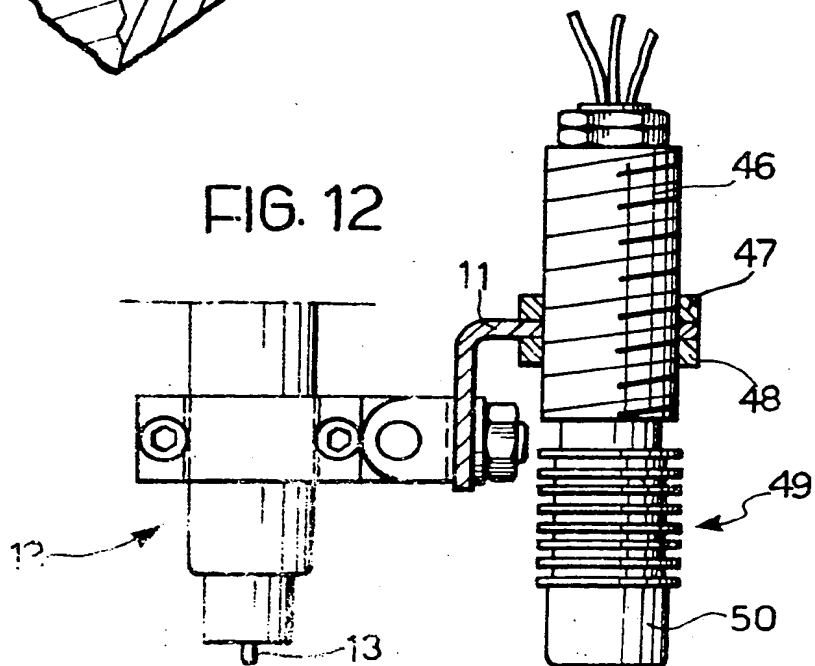


FIG. 12



130067/0502



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**